

УДК 614.842

Рябова И.Б., *Сайчук И.В.

**АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ
ТЕМПЕРАТУР ВАЛА У ПЕРЕДНЕГО ОПОРНОГО ПОДШИПНИКА
КРЫШНОГО ВЕНТИЛЯТОРА ДЛЯ ДЫМОУДАЛЕНИЯ**

*Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»,
Академия гражданской защиты Украины

Целью работы являлся расчетный анализ по определению влияния различных конструктивных мероприятий, направленных на снижение тепlopоступлений по валу вентилятора, на изменение температур вала у переднего опорного подшипника крышного вентилятора, предназначенного для перемещения нагретых сред, температура которых может достигать 400 °C и 600 °C. При работе таких вентиляторов теплота от нагретого рабочего колеса передается на ступицу, со ступицы на вал и далее благодаря достаточно высокой теплопроводности теплота переносится по валу, нагревая, в первую очередь, передний опорно-упорный подшипник. Кроме того, от нагретого кожуха вентилятора теплота может распространяться излучением, нагревая корпус подшипника и сам электродвигатель.

Указанные вентиляторы должны сохранять работоспособность в течение двух часов при температуре перемещаемых газов, составляющей 400 °C и в течение одного часа при температуре газов, равной 600 °C. Существует два способа обеспечения надежной работы вентиляторов для дымоудаления в течение требуемого промежутка времени. Первый способ состоит в применении опорных подшипников со специальными смазками, которые обеспечивают работу при повышенных температурах. Этот способ является наиболее радикальным, однако такие подшипники достаточно дороги.

Поэтому целесообразно, имея в виду существующий опыт создания подобных конструкций центробежных вентиляторов, рассмотреть возможность использования соответствующих конструктивных мероприятий, позволяющих снизить тепlopоступления от ступицы по валу электродвигателя.

В качестве таких конструктивных мероприятий, применение которых может привести к снижению температуры вала у переднего подшипника, рассмотрим использование осевого вентилятора-наездника, выточки в валу электродвигателя, нанесение на ступицу и торец вала электродвигателя тонкого изоляционного слоя, возможность использования электродвигателей с меньшими диаметрами валов и применение системы шлицевых канавок для охлаждения вала. Еще одна возможность, связанная с применением разрезного вала, будет проанализирована после разработки перспективной работоспособной и малогабаритной конструкции такого узла.

Принципиальная схема крышного вентилятора с некоторыми указанными конструктивными элементами представлена на рис. 1. На рис. 2 приведена расчетная схема для определения температур по длине вала.

Приведенная расчетная схема предполагает, что отвод тепла осуществляется на 3-ем участке, где располагается ступица осевого вентилятора-наездника, а величина приведенного коэффициента внешней теплоотдачи определяется из совместного решения уравнения распространения теплоты по лопатке вентилятора и балансных уравнений. Участок 2 является переходным, на котором размещается ограждающая втулка, в том случае если применяются охлаждающие шлицевые пазы, и на котором отсутствует

теплоотдача в окружающую среду. Участок 1 является теплоизолирующим, его длина составляет всего 0,00012 м, а коэффициент теплопроводности изоляционного материала равен 0,25 Вт/(м·К).

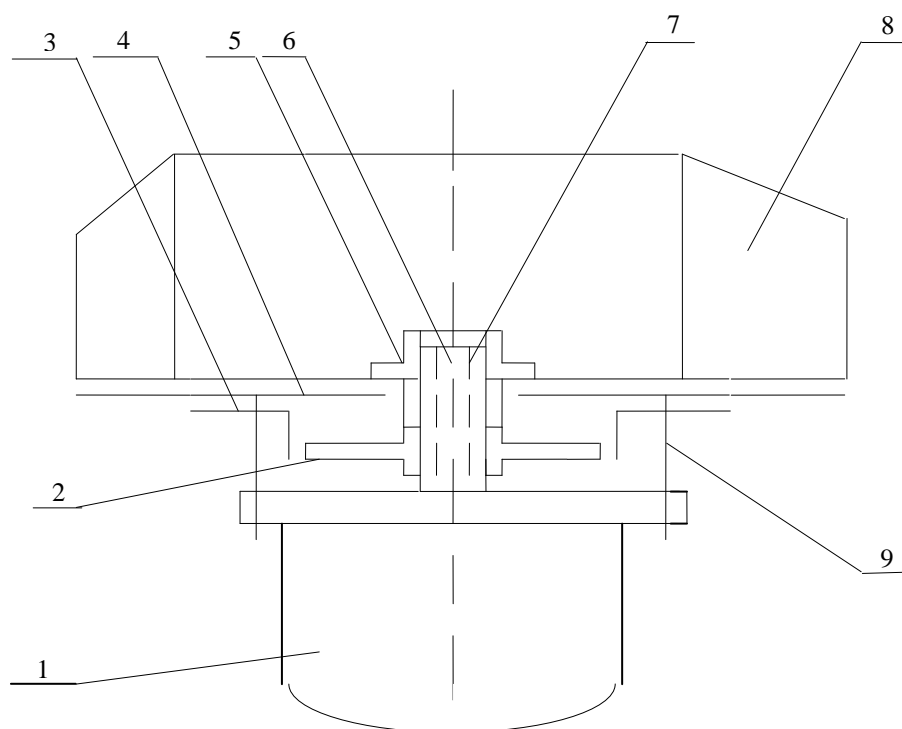


Рисунок 1 – Принципиальная схема крышного вентилятора для дымоудаления
1 – электродвигатель; 2 – осевой вентилятор-наездник; 3 – тепловой экран;
4 – кожух вентилятора; 5 – ступица рабочего колеса; 6 – вал; 7 – выточка (или шлицевые пазы);
8 – рабочее колесо вентилятора; 9 – дистанционные втулки (с болтами)

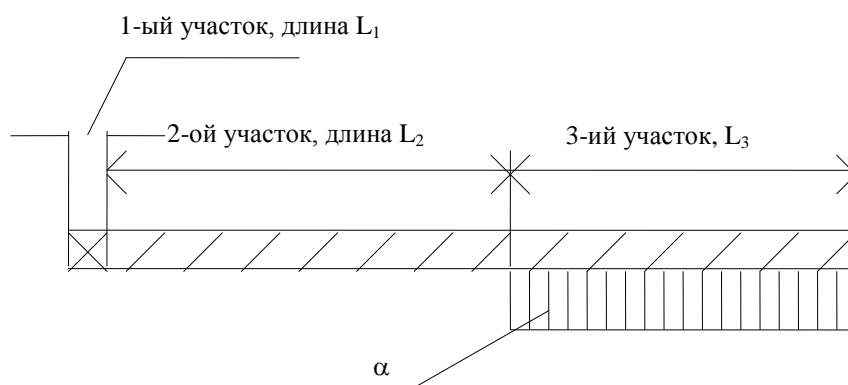


Рисунок 2 – Расчетная тепловая схема вала электродвигателя

При создании расчетной модели было аргументировано принята одномерная схема распространения тепла в стержне (вале) [1]. В качестве граничных условий на концах вала были приняты на одном из концов равенство температуры вала и температуры перемещаемой среды, а на противоположном конце – равенство нулю теплового потока. На границах смежных участков принималось равенство температур и тепловых потоков.

Учет сброса теплоты в шлицевых пазах проводился следующим образом. Задаваясь геометрией пазов и скоростью воздуха, протекающего по этим каналам, вычислялись коэффициенты теплоотдачи и перегрев воздуха, затем определялись значения приведенных коэффициентов теплоотдачи, предполагая, что длина шлицевых каналов совпадает с величиной L_3 , и рассчитывались значения температур вала при суммарных значениях величин коэффициентов теплоотдачи, действующих на участке L_3 . Такой подход позволяет упростить решение задачи, но при этом завышает реальный эффект шлицевых каналов.

Для проведения вариантных расчетов была составлена EXEL-программа, которая приведена в передаваемом сообщении. Там же представлены расчеты различных вариантов при использовании ряда конструкторских мероприятий. Исходя из реальной конструкции крышного вентилятора, были приняты следующие исходные расчетные значения. Ширина колеса осевого вентилятора-наездника составляет 0,015 м, а величина его ступицы $L_3 = 0,02$ м. Принято, что вентилятор-наездник имеет шесть лопаток толщиной 0,002 м, высотой $h = 0,04$ м и шириной $B = 0,03$ м. Число оборотов рабочего колеса вентилятора принято равным 1410 об/мин. Величина L_2 в этих вариантах принималась равной 0,02 м.

Варианты расчетов обозначены пятью цифрами, каждая из которых может принимать значение 0 или 1. Первая цифра: 0 – отсутствие осевого вентилятора – наездника, 1 – наличие осевого вентилятора – наездника; вторая цифра: 0 – отсутствие выточки в валу, 1 – наличие выточки в валу (диаметр выточки равен половине диаметра вала); третья цифра: 0 – отсутствие тепловой изоляции, 1 – наличие тепловой изоляции; четвертая цифра: 0 – диаметр вала двигателя 0,02 м, 1 – диаметр вала двигателя 0,014 м; пятая цифра: 0 – отсутствие шлицевых пазов, 1 – наличие шлицевых пазов. Например, вариант 1.1.1.0.0. означает наличие осевого вентилятора-наездника, выточки в валу, диаметр которого равен 0,02 м и отсутствие шлицевых пазов.

При расчете вариантов со шлицевыми пазами количество пазов принималось равным четырем при ширине и высоте паза равной 0,004 м, скорость воздуха в пазе принималась равной 20 м/с, причем сопротивление проходу воздуха составляло примерно 150 Па. Указанная величина является довольно большой для крышных вентиляторов, что также приводит к некоторому завышению эффективности шлицевого охлаждения. Варианты одновременного применения выточки вала и шлицевых пазов не рассматривались, так как это приводит к резкому ухудшению прочностных характеристик вала для используемых величин диаметров валов электродвигателя.

Следует также отметить, что тепловая эффективность тонкого изоляционного покрытия будет реально проявляться только в том случае, когда-либо вся поверхность ступицы и торцовая поверхность вала электродвигателя покрыты этим слоем, либо теплоизоляционный слой нанесен всю поверхность вала и не поврежден при посадке ступицы на вал.

Для реализации рассматриваемых конструктивных мероприятий общая длина свободного конца вала электродвигателя должна составлять примерно 75–80 мм (указанная величина должна быть уточнена после принятия окончательного решения по использованию конструктивных мероприятий и разработки соответствующего узла вала). Учитывая, что вал двигателя расположен при эксплуатации вертикально, такая величина консоли при хорошо отбалансированном колесе вентилятора является вполне допустимой.

В рассматриваемых вариантах рассматривался осевой вентилятор-наездник, выполненный из алюминия с толщиной ступицы 5 мм.

Таблица 1 – Значения температур вала у кромки переднего подшипника (температура перемещаемой среды равна 400 °С)

Варианты	0.0.0.0.0.	0.1.0.0.0.	0.0.1.0.0.	0.1.1.0.0.	1.0.0.0.0.	1.1.0.0.0.
TЗ, °С	332,0	314,0	297,	274,5	172,1	144,6
Варианты	1.0.1.0.0.	1.1.1.0.0.	0.0.0.0.1.	1.0.0.0.1.	1.0.1.0.1.	
TЗ, °С	128,7	106,6	223,1	137,2	101,1	
Варианты	.0.0.1.0.	0.1.0.1.0.	0.0.1.1.0.	0.1.1.1.0.	1.0.0.1.0.	1.1.0.1.0.
TЗ, °С	318,1	297,7	279,4	254,1	117,9	90,8
Варианты	1.0.1.1.0.	1.1.1.1.0.	0.0.0.1.1.	1.0.0.1.1.	1.0.1.1.1.	
TЗ, °С	82,2	67,6	162,6	84,7	63,7	

Таблица 2 – Значения температур вала у кромки переднего подшипника (температура перемещаемой среды равна 600 °С)

Варианты	0.0.0.0.0.	0.1.0.0.0.	0.0.1.0.0.	0.1.1.0.0.	1.0.0.0.0.	1.1.0.0.0.
TЗ, °С	495,3	467,8	442,4	406,4	248,9	206,5
Варианты	1.0.1.0.0.	1.1.1.0.0.	0.0.0.0.1.	1.0.0.0.1.	1.0.1.0.1.	
TЗ, °С	182,0	148,0	327,6	195,1	139,5	
Варианты	0.0.0.1.0.	0.1.0.1.0.	0.0.1.1.0.	0.1.1.1.0.	1.0.0.1.0.	1.1.0.1.0.
TЗ, °С	473,8	442,3	414,2	375,3	155,9	123,7
Варианты	1.0.1.1.0.	1.1.1.1.0.	0.0.0.1.1.	1.0.0.1.1.	1.0.1.1.1.	
TЗ, °С	110,4	88,0	234,0	114,3	81,9	

Анализ приведенных расчетных данных показывает, что при температурах перемещаемой среды 400 °С, приемлемых значений температур при диаметре вала равном 20 мм можно достичь в двух вариантах: применяя вентилятор-наездник + изоляция выточка вала и вентилятор-наездник + изоляция + шлицевое охлаждение. Предпочтение следует отдать первому из указанных вариантов, так как, учитывая изложенные выше соображения, расчеты с использованием шлицевого охлаждения дают оптимистичные оценки из-за принятия упрощающих допущений и завышенных величин скорости воздуха, протекающих по шлицевым пазам. Использование вала диаметром 14 мм позволяет резко снизить уровень температур.

При температурах перемещаемой среды 600 °С при диаметре вала электродвигателя 20 мм использование всех конструктивных мероприятий позволяет снизить температуру вала перед передним подшипником до 140–150 °С. Допустимых значений температур удастся достигнуть, применив вал меньшего диаметра (варианты 1.1.1.1.0. и 1.0.1.1.1.).

Литература

1. Рябова И.Б., Сайчук И.В. Расчётные зависимости для определения температур вала для дымоудаления. В кн. Проблемы пожарной безопасности. Сб. Науч. тр. – Вып.7. – Харьков: ХИПБ, 2000.– с. 184–186.

УДК 614.842

Рябова І.Б., Сайчук І.В.

АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ ЗАХОДІВ ЩОДО ЗНИЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУР ВАЛА ПЕРЕДНЬОГО ОПОРНОГО ПІДШИПНИКА ДАХОВОГО ВЕНТИЛЯТОРА ДЛЯ ДИМОВИДАЛЕННЯ

Проведено чисельний аналіз температурного стану вала дахового вентилятора для димовидалення і запропоновані конструктивні заходи, застосування яких дозволяє забезпечити надійну роботу таких пристроїв у всіх експлуатаційних режимах.